

句子完成測驗及其事件相關腦電位研究

國立新竹教育大學
台灣語言與語文教育研究所
湯琬君

句子完成測驗 (sentence completion) 被應用在許多領域，在英語能力的測驗中就有許多相關的應用。本研究以事件相關腦電位研究 (event-related potentials) 當做測量工具，測量受試者在進行句子完成測驗時，對於語意不符合、語意符合和語意相關三個刺激項的腦電位反應。

受試者一共有 18 位¹ (8 位男性，10 位女性)，平均年齡 25.6 歲 (SD: 4.1 歲)；平均教育程度為 16.1 年 (SD: 1.3 年)。在進行 ERPs 測試之前，受試者先做了華語俗諺語的句子完成測驗，例如：好馬不吃回頭 _____ (草)，所有的俗諺語必須 81% 以上² 的受試者答對才會採用，ERPs 測試語料的語意相關刺激項，受試者都進行 5 點量表的評分，以便達到共識。

實驗分為兩個部份，實驗一是用視覺呈現，首先，螢幕上會出現未完成的句子 (例：好馬不吃回頭)，之後，螢幕上再出現一個詞彙 (例：草)，最後會出現按鍵，要受試者判斷這個句子是否正確；實驗二是聽覺呈現，實驗方式如實驗一。

研究結果發現：

(1) 和其他刺激項相比，語意不符合的刺激項會出現較大的 N400。

(2) 和實驗一相比，實驗二的 LPC 較不顯著，而且語意不符合和語意相關的 N400 較無明顯差距 (見 fig.3 & fig.4)，這也許是因為華語的同音詞太多，雖然受試者已經先進行 5 點量表的評分，但在進行聽覺判斷時，還是無法分辨哪個詞彙是語意不符合，哪個詞彙是語意相關。實驗一的 N400 反應就符合預期，但在 LPC 的反應上，比起其他刺激項來說，語意相關的 LPC 反應較大 (見 fig.3)；這也許是因為語意相關的刺激項所需的能量較大。

關鍵詞：事件相關腦電位研究 (ERPs)，句子完成測驗 (sentence completion)，N400，LPC

1. 緒論

事件相關誘發腦電位 (event-related potentials) 顧名思義是透過事件刺激，來測量事

¹ 原先招募的受試者一共有 21 位，但後來有 3 位受試者因故未參與事件相關腦電位的研究。

² 21 位受試者皆有接受華語俗諺語的句子完成測驗，17 位以上全對的句子才會採用。

件誘發產生的腦電位。腦電位因為誘發的電極和時間不同，所以有很多成分，例如：N400、P600等等。1980年 Kutas 和 Hillyard 探討句子的上下文對於詞彙識別的影響時，發現語意異常會在400毫秒引發的一個負走向的波，它因此被稱為N400，此後有一連串的語意研究都會發現N400現象，因此，可藉由量測N400的產生，推論這個語言活動是否有牽涉到語意行為。目前在語言學的研究領域中，可以透過PMN來研究語音行為；透過P600來研究語法，但目前對於語用行為的腦波研究，並沒有一個特定的腦波成分可以觀察量測，通常都是觀察N400，但語意和語用是兩個不同的語言學研究領域，語用是超出意義之外的，用N400來解釋語用現象似乎不太恰當，只是，語用從1970年代以後才逐漸受到重視，距離N400的發現也只不過早了10年，再加上，許多無法解釋的現象都直接被歸為語用部門，又沒有一個特定的腦波成分可以用來推論語用行為，所以對於語用的腦波研究，仍是一個尚待努力耕耘的領域。

語言的意義在哪裡？意義就在使用中。有的時候語言的意義除了本意之外，還有弦外之意，俗諺語是人類生活經驗的累積，在詮釋俗諺語的意義時，不能從字面上解釋，而是將其視為隱喻的一類，大腦在運作俗諺語時，是直接抽取意義，還是會先進行隱喻的運作，之後才提取意義呢？如果以語言的熟悉度來劃分，使用頻率較高的俗諺語，當我們抽取其意義時，是否就像詞彙一樣直接抽取？（湯琬君，2008）如果是以詞彙的方式直接抽取意義，那麼此時的俗諺語運作算是語意層級還是語用層級呢？語意層級和語用層級是否可以一刀切開，這其實是一個難解的議題，因此，本文的出發點在於，如果能用量測到的腦波成分來反推語用行為，或許可以從不同的腦波成分來細分語用，語用部分就不會再變成一個大垃圾桶。

句子完成測驗（sentence completion）被應用在許多領域，在英語能力的測驗中就有許多相關的應用，英語能力測驗常藉此來測驗語言使用者的語言能力熟悉度。從連結論的角度出發，可以把句子的前半部當作是促發項（prime），要語言使用者完成的部分當作是目標項（target），如果語言使用者該語言能力較熟悉，則語意連結的速度會較快。擴散激活模型（Spreading activation models）被認為是最標準的語意聯想模型，在這個模型裡有三個基本假設：（1）從記憶的內部表現激活來檢索詞彙，（2）從一個概念到另一個相關的概念做活化延伸（3）殘餘的活化累積使得接下來的概念激活更容易。例如：視覺呈現「lion」這個詞彙，會延伸激活到相關的概念，像是「tiger」；如果「tiger」很

快的出現在「lion」之後，「tiger」會比其他的詞彙更快的被辨認出來，因為「tiger」已經有部份的訊息被激活了（如Fig.1³）。擴散激活（Spreading activation）的運作從歷史的觀點來看，吸收了記憶網絡模型的觀點，相關的概念之間靠著節點互相連結。這樣的網絡支持認知活動，例如：語言理解、類別、解決問題等，網絡裡面的連結需要用標記來區別不同的關係(McNamara, 2005)。

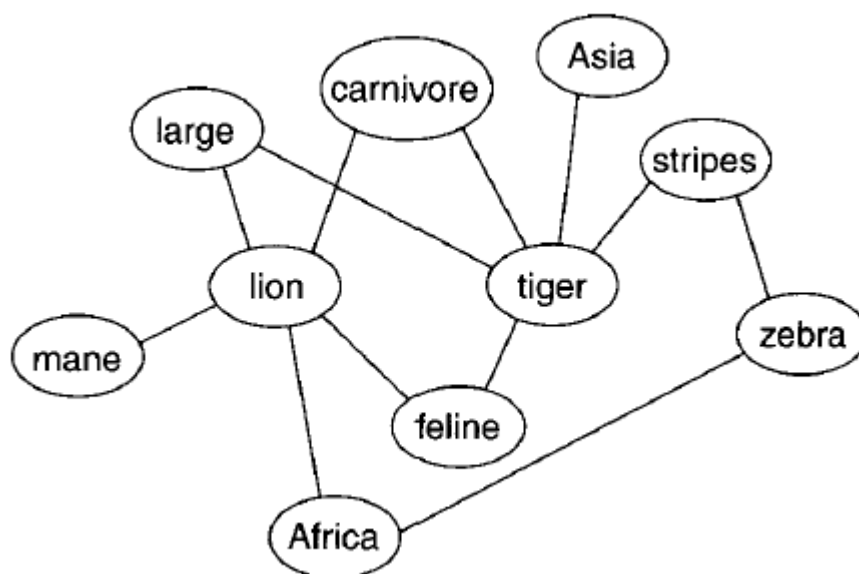


Fig.1 語意網絡的例子

綜合上述所言，本研究以俗諺語當作句子完成測驗的語料，選出受試者皆熟悉的俗諺語後，再進行語意促發的腦波量測。

2. 文獻回顧

本研究試圖從量測到的腦波來反推語用行為，但，語用的成分波究竟是什麼呢？以下將針對與語用相關的腦電位研究做一個討論。

從收集到的語用相關文獻中可以發現，13 篇的文獻觀察到的腦波成分皆有 N400 (Tartter, V. C., H. Gomes, et al., 2002; Nieuwland, M. S., T. Ditman, et al., 2010; Grauwea, S. D., A. Swain, et al., 2010; Coulson, S. and C. v. Petten, 2002; Salmon, N. and H. Pratt, 2002; Juottonen, K., A. Revonsuo, et al., 1996; Ditman, T., P. J. Holcomb, et al., 2007; Ferguson, H. J., A. J. Sanford, et al., 2008; Filik, R. and H. Leuthold, 2008; Balconi, M. and S. Amenta, 2010;

³ 引用自 McNamara, T. P. (2005). *Semantic Priming: Perspectives from Memory and Word Recognition*. Psychology Press. p.12

Gold, R., M. Faust, et al. , 2010 ; Pynte, J., M. Besson, et al. , 1996 ; Pijnacker, J., B. Geurts, et al. , 2010) , 僅有 2 篇是其他的腦波成分 (Regel, S., S. Coulson, et al. , 2010 ; Yao, S., M. Liu, et al. , 2010) 。這 13 篇文獻以語用為研究素材, 包含隱喻、篇章上下文, 情境推理等, 研究結果發現: 當語意產生不一致時, 會引發 N400 效果; 但這些文獻中, 有半數以上的還有發現其他的腦波成分, 像是 LPC、P600, 這個發現和另兩篇 Regel et al. (2010)、Yao et al. (2010) 的研究結果相類似, Regel et al. (2010) 研究受試者聽到諷刺語氣的反應, 發現會產生 P200 和 P600, Regel et al. (2010) 認為 P600 的出現, 對於多種類型的語言信息 (即語義, 句法和語用信息) 提供證據, P600 可能反映一個較為普遍的語言理解的過程, Regel 等人對 P600 的看法和 P600 是語法成份波的看法不太一致。Yao et al. (2010) 研究受試者對於情緒詞的反應, 結果發現受試者引發了 P200 和 LPC, 晚期正波 Late positive component, 簡稱 LPC, 是在 600-1000 毫秒出現的一個正向波, 和 P600 出現的時間差不多, LPC 被認為是一個統稱, 包含所有晚期出現的正向成份波, 所以也許是這個原因, Regel et al. (2010) 才在研究結果發現 P600。Pynte 等人(1996)針對隱喻進行研究, 結果發現引發 N400 和 LPC, Pynte 等人認為隱喻含義的存取運作, 可以反映出一些不同的 ERP 成分調節過程, LPC 的出現, 被認為是一種闡述和整合運作處理過程的敏銳度。如果真如 Pynte 等人(1996)所言, 那麼, LPC 跟語用的研究有什麼關聯? LPC 又是一個怎麼樣的成分呢?

關於 LPC 和語言的相關研究, 這邊整理出 13 篇文獻 (Miyamoto, T., J. Katayama, et al. , 1998 ; Ohta, K., M. Uchiyama, et al. , 1999 ; Wang, Y., J. Kong, et al. , 2000 ; Düzel, E., T. W. Picton, et al. , 2001 ; Matsumoto, K., H. Matsuoka, et al. , 2001 ; Csépe, V., D. Szücs, et al. , 2003 ; Hokama, H., K.-I. Hiramatsu, et al. , 2003 ; Blanchet, S., G. Gagnon, et al. , 2007 ; Bouaffre, S. and F. d. r. Faïta-Ainseba , 2007 ; Frishkoff, G. A. , 2007 ; Mazerolle, E. L., R. C. N. D'Arcy, et al. , 2007 ; Smith, E. R., H. J. Chenery, et al. , 2009 ; Strien, J. W. V., J. C. Glimmerveen, et al. , 2009) , 發現 LPC 的研究, 大多是針對記憶進行研究, 因此, 在心理學上的研究認為, LPC 和記憶的存取有關, 相較於陌生的事物, 如果是存取舊的記憶、學習過的事物, 所引發的 LPC 會較大, 綜合之前相關文獻的研究發現, 可以推論出: LPC 進行一種統整整合處理運作的過程, 當需要和過去的經驗、記憶相互連結時, 就會引發 LPC 效果; 「語用」是超出意義的研究, 所以如果研究的素材是需要能量整合處理詮釋的, 那麼就可以推測研究結果應該會發現 LPC。

綜合上述研究，本文以事件相關腦電位研究 (event-related potentials) 當做測量工具，測量受試者在進行句子完成測驗時，對於語意不符合、語意符合和語意相關三個刺激項的腦電位反應。

3. 研究方法

以下將說明實驗設計的過程。

3.1 受試者

受試者一共有 18 位⁴ (8 位男性，10 位女性)，平均年齡 25.6 歲 (SD: 4.1 歲)；平均教育程度為 16.1 年 (SD: 1.3 年)。無明顯的視力及聽力障礙，慣用手為右手，無語言障礙和中風、腦部損傷、失智症等重大疾病。

3.2 語料

實驗的語料，第一步是先從華語的俗諺語書籍中，挑選出 150 題的諺語，請 21 位受試者進行句子完成測驗 (sentence completion)，這些諺語題目必須 17 人以上都全對才予以保留；第二步再請 21 位受試者填寫語意接近的詞彙判斷問卷，每一個詞彙有三個配對選項，以「好馬不吃回頭草」的「草」為例，先從一詞泛讀的網站上挑選「草」的近義詞「根」、「花」、「葉」，請受試者用 5 點量表評分，分數越高表示語意越接近，平均 4 分以上的詞彙才採用⁵；最後統計兩個步驟的結果之後，挑選出來共有 85 組句子進行錄音。

3.3 實驗流程

在進行 ERPs 測試之前，除了先讓受試者填寫語言背景問卷外，還進行華語俗諺語的句子完成測驗，例如：好馬不吃回頭 ____ (草)，所有的俗諺語必須 81% 以上⁶ 的受試者答對才會採用，ERPs 測試語料的語意相關刺激項，受試者都進行 5 點量表的評分，以便達到共識，排除不適用的語料之後，才開始進行兩階段的實驗。

每位受試者被安置在一個安靜的房間裡，坐在距離螢幕約一公尺的靠背椅子上，分別進行兩個實驗。實驗前，受試者將簽署一份實驗同意書，同意參與實驗的進行⁷。我

⁴ 原先招募的受試者一共有 21 位，但後來有 3 位受試者因故未參與事件相關腦電位的研究，每位受試者皆有簽署實驗同意書。

⁵ 如果同時有 2 個詞彙都是 4 分以上，則該組句子最後進行實驗時會有 4 個配對選項。

⁶ 21 位受試者皆有接受華語俗諺語的句子完成測驗，17 位以上全對的句子才會採用。

⁷ 每位受試者給予一份小禮物。

們會向受試者說明實驗的目的、實驗的流程以及實驗進行時的注意事項。

實驗分為兩個部份，實驗一是用視覺呈現，首先，螢幕上會出現未完成的句子（例：好馬不吃回頭），之後，螢幕上再出現一個詞彙（例：草），最後會出現按鍵，要受試者判斷這個句子是否正確；實驗二是聽覺呈現，實驗方式如實驗一。正式實驗前，受試者將先練習螢幕 5 個試驗項，同時調整音量大小、舒適的坐姿和螢幕的距離。受試者適度練習並習慣實驗流程後，才開始進入正式的實驗。

實驗總共分為 6 小組測試，每組大約 13 分鐘，聽覺和視覺的測驗各分成三組交互進行，實驗和實驗交替的中間，會有幾分鐘短暫的休息。為避免實驗材料的因素干擾，每位受試者進行的測驗順序不盡相同，視覺實驗進行時，首先，螢幕上會出現一個十字，之後受試者會看到一句未完成的句子，然後，會再看到一個字，此時，螢幕會出現一個按鍵符號『◎』，這時受試者必須按鍵判斷剛剛組合起來的句子是否正確。聽覺實驗的流程亦同。

實驗流程如下圖：

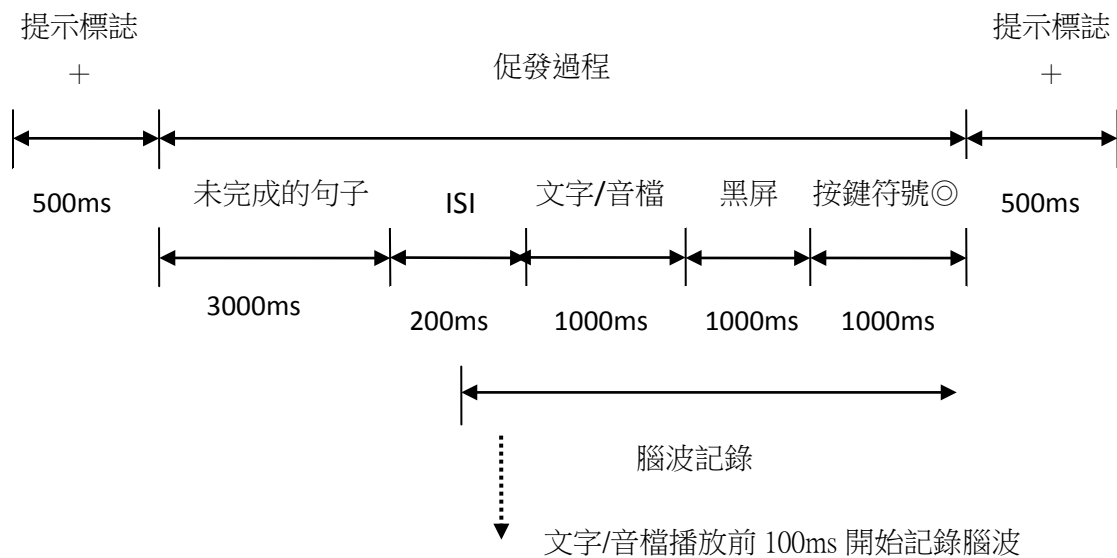


Fig.2 實驗流程圖

4. 研究結果與討論

從實驗一和實驗二的研究結果中可以發現：和其他刺激項相比，語意不符合的刺激

項會出現較大的 N400。

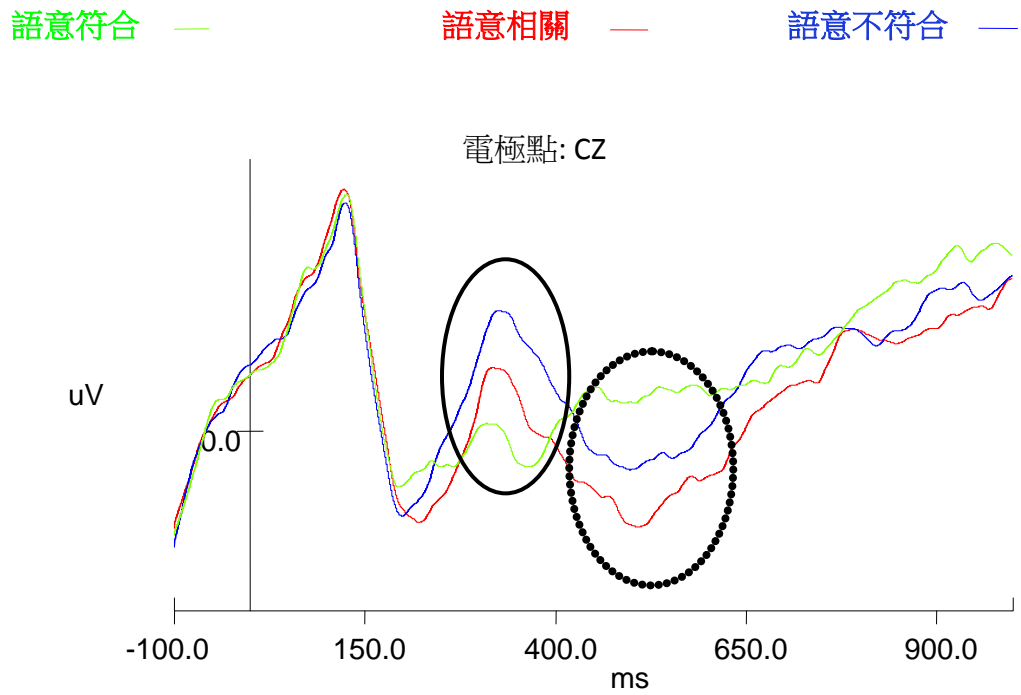


Fig.3 實驗一的結果: 實線是 N400 ; 虛線是 LPC

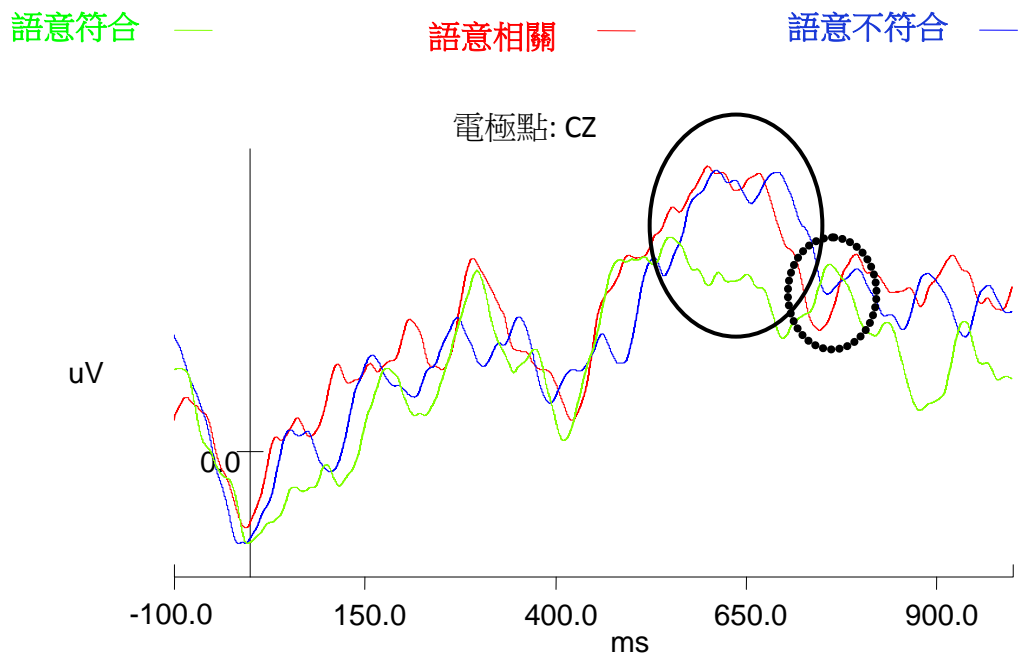


Fig.4 實驗二的結果: 實線是 N400 ; 虛線是 LPC

和實驗一相比，實驗二的 LPC 較不顯著，而且語意不符合和語意相關的 N400 較無明顯差距(見 fig.3 & fig.4)，這也許是因為華語的同音詞太多，雖然受試者已經先進行 5 點量表的評分，但在進行聽覺判斷時，還是無法分辨哪個詞彙是語意不符合，哪個詞彙是語意相關。實驗一的 N400 反應就符合預期，但在 LPC 的反應上，比起其他刺激項來說，語意相關的 LPC 反應較大(見 fig.3)；這也許是因為語意相關的刺激項所需的能量較大。

如果，我們將俗諺語歸類在語用的研究範疇內，那麼，我們從實驗結果中可以推測：LPC 也許是量測語用的成分波；不過，語意和語用的界線可能是很模糊的，因為根據實驗結果，LPC 和 N400 都被量測到，所以，如果日後要再更進一步確認語用的成分波，可能要再排除語意相關的因素，但如何能將語意因素切分乾淨，這可能又是另一個問題。

參考文獻

- Balconi, M. and S. Amenta (2010). "“A fighter is a lion”. Neuropsychological indexes in comprehending frozen metaphors " *Journal of Pragmatics* 42(12): 3246-3257
- Blanchet, S., G. Gagnon, et al. (2007). "Event-related potential study of dynamic neural mechanisms of semantic organizational strategies in verbal learning." *Brain Research* 1170 59-70
- Bouaffre, S. and F. d. r. Far`ta-Ainseba (2007). "Hemispheric differences in the time-course of semantic priming processes: Evidence from event-related potentials (ERPs)." *Brain and Cognition* 63 123-135.
- Coulson, S. and C. v. Petten (2002). "Conceptual integration and metaphor:An event-related potential study." *Memory & Cognition* 30(6): 958-968.
- Csépe, V., D. Szücs, et al. (2003). "Number-word reading as challenging task in dyslexia? An

ERP study " *International Journal of Psychophysiology* 51(1): 69-83.

Ditman, T., P. J. Holcomb, et al. (2007). "An investigation of concurrent ERP and self-paced reading methodologies." *Psychophysiology* 44(6): 927-935

Düzel, E., T. W. Picton, et al. (2001). "Comparative electrophysiological and hemodynamic measures of neural activation during memory-retrieval." *Hum Brain Mapping* 13(2): 104-123

Ferguson, H. J., A. J. Sanford, et al. (2008). "Eye-movements and ERPs reveal the time course of processing negation and remitting counterfactual worlds." *Brain Research* 1236: 113-125

Filik, R. and H. Leuthold (2008). "Processing local pragmatic anomalies in fictional contexts: Evidence from the N400." *Psychophysiology* 45(4): 554–558.

Frishkoff, G. A. (2007). "Hemispheric differences in strong versus weak semantic priming: Evidence from event-related brain potentials." *Brain and Language* 100: 23-43.

Gold, R., M. Faust, et al. (2010). "Semantic integration during metaphor comprehension in Asperger syndrome." *Brain and Language* 113(3): 124-134

Grauwea, S. D., A. Swain, et al. (2010). "Electrophysiological insights into the processing of nominal metaphors." *Neuropsychologia* 48: 1965-1984.

Hokama, H., K.-I. Hiramatsu, et al. (2003). "N400 abnormalities in unmedicated patients with schizophrenia during a lexical decision task." *International Journal of Psychophysiology* 48: 1-10.

Juottonen, K., A. Revonsuo, et al. (1996). "Dissimilar age influences on two ERP waveforms (LPC and N400) reflecting semantic context effect." *Cognitive Brain Research* 4: 99-107.

Matsumoto, K., H. Matsuoka, et al. (2001). "Impairment of an event-related potential correlate of memory in schizophrenia: effects of immediate and delayed word repetition " *Clinical Neurophysiology* 112(4): 662-673

Mazerolle, E. L., R. C. N. D'Arcy, et al. (2007). "ERP assessment of functional status in the temporal lobe: Examining spatiotemporal correlates of object recognition " *International Journal of Psychophysiology* 66(1): 81-92

McNamara, T. P. (2005). *Semantic Priming: Perspectives from Memory and Word Recognition*. Psychology Press.

- Miyamoto, T., J. Katayama, et al. (1998). "ERPs, semantic processing and age " *International Journal of Psychophysiology* 29(1): 43-51
- Nieuwland, M. S., T. Ditman, et al. (2010). "On the incrementality of pragmatic processing: An ERP investigation of informativeness and pragmatic abilities." *Journal of Memory and Language* 63: 324-346.
- Ohta, K., M. Uchiyama, et al. (1999). "An event-related potential study in schizophrenia using Japanese sentences." *Schizophrenia Research* 40: 159-170.
- Pijnacker, J., B. Geurts, et al. (2010). "Exceptions and anomalies: An ERP study on context sensitivity in autism " *Neuropsychologia* 48(10).
- Pynte, J., M. Besson, et al. (1996). "The Time-Course of Metaphor Comprehension: An Event-Related Potential Study." *Brain and Language* 55: 293-316.
- Regel, S., S. Coulson, et al. (2010). "The communicative style of a speaker can affect language comprehension? ERP evidence from the comprehension of irony " *Brain Research* 1311: 121-135
- Salmon, N. and H. Pratt (2002). "A comparison of sentence- and discourse-level semantic processing: An ERP study." *Brain and Language* 83 367-383.
- Smith, E. R., H. J. Chenery, et al. (2009). "Hemispheric contributions to semantic activation: A divided visual field and event-related potential investigation of time-course." *Brain Research* 1284: 125-144.
- Strien, J. W. V., J. C. Glimmerveen, et al. (2009). "Age-related differences in brain activity during extended continuous word recognition in children." *NeuroImage* 47 688-699.
- Tartter, V. C., H. Gomes, et al. (2002). "Novel metaphors appear anomalous at least momentarily: Evidence from N400." *Brain and Language* 80(3): 488-509
- Wang, Y., J. Kong, et al. (2000). "Event-related potential N270 is elicited by mental conflict processing in human brain " *Neuroscience Letters* 293(1): 17-20
- Yao, S., M. Liu, et al. (2010). "Inhibition dysfunction in depression: Event-related potentials during negative affective priming." *Psychiatry Research: Neuroimaging* 182: 172-179.

湯琬君

g9838102@mail.nhcue.edu.tw

On the Sentence Completion Studied by the Methods of Event-Related Potentials

Wan-Chun Tang

National Hsinchu University of Education

Graduate Institute of Taiwan Languages and Language Education

Sentence completion is tested in many domains. For example, sentence completion is used in English testing. In this study, we tried to subdivide pragmatics into some sub-domains with the measures of event-related potentials (ERPs). We tested eighteen adults (eight men, ten women; mean age: 25.6 years, SD: 4.1 years; mean years of education: 16.1 years; SD: 1.3 years) and we chose Mandarin proverbs to be materials of testing. Before the ERPs study, the subjects must complete the cloze test of proverbs, and we will make sure the subjects are familiar with the proverbs. The experiment showed the uncompleted proverbs first on the screen and showed the vocabulary, which might match the proverbs or might not, on the screen to the subjects. Experiment 2 played the proverbs auditorily and the procedure was the same with the experiment 1.

The findings are as follow :

- (1) N400 is observed in the semantically incongruent condition, and the amplitude of the semantically incongruent condition is larger than other conditions.
- (2) Compared with the N400 and LPC effects in the experiments, they are different. The result of the N400 effect is reasonably reliable. But in the LPC effect, the condition of semantically related is more positive than the condition of semantically incongruent (see fig.3). It seems likely that it needs more energy in the condition of semantically related. In the experiment 2, LPC and N400 effects are not obvious (see fig.4). That is might homophone effect in the experiment 2, so the subjects could not recognize the semantically related conditions.

Key Word : ERPs, Sentence Completion, Pragmatics, N400, LPC